

УДК 637.247.044-021.146.4:664.84-0.21.465

doi:10.20998/2413-4295.2019.01.10

ОДЕРЖАННЯ СУХОГО БЕЗЛАКТОЗНОГО БІЛКОВО-ЛІПІДНОГО КОНЦЕНТРАТУ МАСЛЯНКИ**А. А. ТРУБНІКОВА^{*1}, О. Б. ЧАБАНОВА¹, С. М. БОНДАР², Т. Є. ШАРАХМАТОВА¹**¹ кафедра технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики, ОНАХТ, м. Одеса, УКРАЇНА² кафедра екології та природоохоронних технологій, ОНАХТ, м. Одеса, УКРАЇНА^{*}e-mail: sc228004@ukr.net

АНОТАЦІЯ Комплексна переробка маслянки в безлактозні білкові концентрати, що призначені для подальшого промислового перероблення, в якості білкових збагачувачів або білкової основи у виробництві харчових продуктів, є актуальним. Безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки отримували мембранними методами та висушували у завислому шарі інертних носіїв. В роботі наведена технологічна схема отримання сухого безлактозного-білково-ліпідного концентрату маслянки. Визначений раціональний режим сушіння рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату у сушарці фонтануючого шару із інертними носіями: температура повітря на вході 125-130 °C; температура продукту на виході з сушарки – 55-60 °C; швидкість повітря у входному перетині – 15-20 м/с; масова частка сухих речовин у входному концентраті – не більше 20%; кінцева вологість сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки – не більше 5,0%; інертний носій – фторопласт у формі кубиків з розмірами грані 5 мм; спосіб подачі розчину у сушильну камеру – знизу у фонтануючий шар інертного носія. Визначені органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники отриманого сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Сухі безлактозні білково-ліпідні концентрати маслянки з високим вмістом білка (81,03-81,81%) забезпечують поліпшення білкової складової без додавання лактози до харчових продуктів (масова частка лактози не більше 0,064%). Загальна кількість фосфоліпідів в одержаному сухому концентраті маслянки складає 2687 мг%, що виявляють високі біологічно-активні властивості. З додаванням сухих безлактозних білково-ліпідних концентратів до рецептури додатково вносяться цінні мінерали, такі як кальцій, магній і фосфор, що може зменшити потребу в додаткових джерелах цих мінералів. Визначення наявності бактерій групи кишкових паличок у 1,0 см³ зразку сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки свідчить про їх відсутність у дослідженому об'ємі, що доводить правильність всіх режимів основних технологічних процесів. За мікробіологічними показниками отриманий концентрат відповідає вимогам науково-технічної документації.

Ключові слова: безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки; сушіння; технологія; показники якості

PREPARATION OF DRY LACTOSE PROTEIN-LIPID CONCENTRATE OF BUTTERMILK**A. TRUBNIKOVA¹, O. CHABANOVA¹, S. BONDAR², T. SHARAKHMATOVA¹**¹ Department of technology of milk, oil-fat products and cosmetics, Odessa national Academy of food technologies, Odessa, UKRAINE² Department of Ecology and Environmental Technologies cosmetics, Odessa national Academy of food technologies, Odessa, UKRAINE

ABSTRACT Complex processing of buttermilk in lactose protein concentrates is relevant. Free-lactose protein-lipid concentrates are intended for further industrial processing. They can be used as protein enrichment or protein basis in the production of food products. In the work the technological scheme of obtaining a dry free-lactose protein-lipid concentrate of buttermilk. The non-lactic protein-lipid concentrate was received by membrane methods and dried in the dryer of the fountain layer of inert carriers. The rational mode of drying of a liquid free-lactose protein-lipid concentrate in the dryer of the fountain layer with inert carriers is determined: the temperature of the air at the inlet is 125-130 °C; product temperature at the outlet – 55-60 °C; air velocity at the inlet – 15-20 m/s; mass fraction of dry substances in the inlet concentrate - not more than 20%; the final moisture content of the dry free-lactose protein-lipid concentrate of the buttermilk is 5.0%; inert carrier - fluoroplast in the form of cubes with the dimensions of the face 5 mm; the way of feeding the solution to the drying chamber - from below to the hanging layer of an inert carrier. The organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters of the obtained dry free-lactose protein-lipid concentrate of the buttermilk were determined. Dry free-lactose protein-lipid concentrates of high protein content (81.03-81.81%) provide an improvement in the protein without the addition of lactose to food products (mass fraction of lactose not more than 0.064%). When adding dry free-lactose protein-lipid concentrates to the formulation additionally added valuable minerals such as calcium, magnesium and phosphorus, which reduces the need for additional sources of these minerals. Determination of the bacteria of the group of intestinal sticks in 1.0 cm³ of a sample of dry free-lactose protein-lipid concentrate of the buttermilk indicates their absence in the investigated volume, which proves the correctness of all regimes of the main technological processes. According to microbiological data, the concentrate obtained meets the requirements of scientific and technical documentation.

Keywords: lactose-free protein-lipid concentrate; drying; technology; quality indices

Вступ

Комплексна переробка вторинної молочної сировини є необхідним заходом вирішення екологічних проблем, резервом підвищення

ефективності використання сировинних ресурсів, підвищення економічних показників основного виробництва за рахунок збільшення випуску продуктів на основі молочно-білкових концентратів (МБК), які характеризуються підвищеною масовою

часткою білкових речовин та мають добрі технологічні властивості [1].

Молочно-білковий концентрат (МБК) – сухий порошок, який представляє собою білковий комплекс, що містить казеїн і сироваткові білки. Може бути отриманий шляхом осадження білків молока, змішуванням молочних продуктів (наприклад, СЗМ і казеїну) або способом ультрафільтрації знежиреного молока. Основне їх призначення – збагачення продуктів харчування повноцінними білками, поліпшення амінокислотного складу і підвищення біологічної цінності їжі. Однак деякі з молочно-білкових концентратів в процесі виготовлення набувають нових властивостей (підвищується розчинність молочних білків у водних розчинах, вони набувають вологозв'язуючої і емульгуючої здатності, що істотно розширює сферу їх застосування), що відіграє чималу роль для поліпшення якості продукції, що випускається [2,3].

Через постійне збільшення людей, які інтолерантні до лактози, виробництво безлактозних молочно-білкових концентратів, що призначені для подальшого промислового перероблення в якості білкових збагачувачів або білкової основи у виробництві харчових продуктів, є актуальним завданням.

Мета роботи

Мета роботи – одержання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- отримати рідкий безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки мембранними методами;
- дослідити процес сушіння рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки у зваженому шарі інертних носіїв;
- навести технологічну схему виробництва сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки;
- дослідити показники якості отриманого сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Концентрати молочних білків та ізоляти є новою категорією сухих молочних інгредієнтів, які швидко набирають популярність. Ці продукти виготовляються шляхом концентрування молочних білків (сироваткових білків і казеїнів) з молока шляхом мембранної обробки, а потім сушіння розпиленням. Порошки з вмістом білка нижче 90 називаються концентратами молочних білків, а ті, що мають вміст білка $\geq 90\%$, відомі як білкові ізоляти [4].

Концентрат молочного білка – термін, що використовується для визначення інгредієнта, виготовленого з знежиреного молока, в якому основні фракції білків (казеїн і білок сироватки) були

сконцентровані в процесі мембранної фільтрації. Існує велика різноманітність використовуваних термінів у літературі, що стосується цих продуктів: «ретентатні порошки», «нативний молочний білковий концентрат», «ультрафільтраційний молочний білковий концентрат», «молочний порошок з ультрафільтрованого знежиреного молока», «знежирений порошок ретента молока», і «високобілковий молочний порошок без лактози». Казеїн у цих продуктах є схожим, міцелярним, в той час як білки молочної сироватки знаходяться в їх рідкій формі. Продукти мають відносно високий вміст золи і кальцію, оскільки мінерали, пов'язані з білками, такі як міцелярний фосфат кальцію, зберігаються [4,5].

Концентрати молочних білків та ізоляти також є сухими молочними білковими концентратами, які значно відрізняються від сухого знежиреного молока і сухого незбираного молока за складом і фізико-хімічними і функціональними властивостями. Так, сухі молочні білкові концентрати мають значно низький вміст лактози і мінералів у порівнянні з сухим знежиреним молоком і сухим незбираним молоком завдяки процесам ультрафільтрації та діалізації. На відміну від сухого незбираного молока, співвідношення казеїну та сироваткових білків у сухих молочних білкових концентратах ідентичне нативному молоку. Оскільки вміст білка в цих порошках вище, ніж у сухому знежиреному молоці, вони мають кращі функціональні властивості. Основні функціональні властивості харчових білків включають розчинність, емульгування, гелеутворення і спінювання, зв'язування з водою і термостабільність [4].

Стандарти ідентифікації молочних білкових концентратів досі не існують у харчовій промисловості в усьому світі [6].

Молочні білкові концентрати були класифіковані як молочні інгредієнти другого покоління [7,8], що містять білок від 40 до 89% в перерахунку на сухі речовини.

Автори [9] класифікували сухі молочні білкові концентрати на 3 основні типи: (а) порошок з низьким вмістом білка ($\leq 40\%$ вмісту білка), (б) порошок із середнім вмістом білка (60–70% вмісту білка), і (в) високобілковий порошок ($\geq 80\%$ вмісту білка). Таким чином, вміст білка будь-якого концентрату молочних білків (КМБ) може становити від ≥ 40 до $\leq 89\%$. Вміст білка в КМБ обернено пропорційний вмісту лактози і мінералів (золи), іншими словами білок очищається шляхом зменшення вмісту лактози і мінеральних солей. Як молочні білкові інгредієнти, КМБ використовуються в різних продуктах, таких як сир, молочні продукти, харчові продукти, молочні суміші, морозиво, молочні напої, спортивні напої та медичні продукти [10-14].

Сухі молочні білкові концентрати швидко набувають популярності у всьому світі. Випуск на ринок близько 900 різних продуктів (з високим

вмістом білка і низьким вмістом лактози, спеціальних продуктів харчування, спортивних напоїв, енергетичних і дієтичних батончиків та інших), що використовують КМБ в якості ключового інгредієнта, свідчить про їхню популярність [15].

Відповідно до технічного звіту Ради з експорту молока США та Інституту молочної промисловості, сухі молочні білкові концентрати розглядаються як концентровані та потужні джерела якісних білків для підвищення функціональних, харчових та сенсорних властивостей різних харчових продуктів. За даними авторів [12], ринок білкових інгредієнтів з високим вмістом білка, який раніше займали казеїн, казеїнати тощо, в даний час переважають сухі молочні білкові концентрати завдяки їх встановленим харчовим і функціональним властивостям. Нині Нова Зеландія є провідним виробником і експортером сухих молочних білкових концентратів у світі, за якими йде ЄС. Наприклад, виробництво КМБ в усьому світі зросло з 40000 тон у 2000 році до близько 270 тис. тон у 2014 року. Згідно прогнозу виробництво КМБ зросте більш ніж на 40 тис. тон до 2020 року, і це може збільшити обсяг ринку шляхом витіснення казеїну [16].

У нашій країні і за кордоном проведено значну кількість досліджень з розробки технології отримання молочного білка у вологому і сухому виді, гелеформі, гранулах, які знаходять застосування в якості збагачувачів харчових продуктів і компонента повноцінних кормових сумішей. Проблематичним є отримання розчинних форм копреципітату. Методи виділення, концентрування та технологічної обробки білків молочної сировини поділяють на методи виділення основного білку – казеїну (кислотний, сичужний, сичужно-кислотний, фільтрацією) і комплексного виділення казеїну та сироваткових білків (термокальцієвий і термокислотний). Вибір способу коагуляції визначається у відповідності зі способом одержання конкретного молочно-білкового концентрату [17].

Відомий процес фракціонування компонентів молочної сировини полісахаридами з утворенням молочно-білкових концентратів з певним складом і функціональними властивостями. Недоліком цього процесу є його тривалість, висока вартість вихідної сировини та відсутність конкретного застосування концентрату [18].

Авторами [19] запропоновано технологію виробництва молочно-білкових копреципітатів із сколотин з використанням як коагулянтів пюре із ягід журавлини та калини. Досліджено хімічний склад і білкову складову копреципітатів і доведено їхню високу харчову та біологічну цінність.

Поєднання мембранних методів обробки молочної сировини (ультра, діалізація і електродіаліз) відкриває нові можливості в області отримання молочно-білкових концентратів з необхідними властивостями, вуглеводним і мінеральним складом. Так, при схемі: ультрафільтраційне концентрування сироватки -

діалізація - електродіаліз можна виробляти концентрати, що містять 90 - 95% і більше білків молочної сироватки з мінімальним вмістом лактози (0,5%) і мінеральних речовин (<0,3%). Застосування мембранних методів дозволяє виділяти сироваткові білки практично у нативному вигляді без використання хімічних реагентів і інших допоміжних дорогих матеріалів [4,5].

Можна виробляти цілий ряд сухих молочних білкових концентратів з різним вмістом білка, лактози та мінеральних речовин. Ступінь концентрації і умови процесу, що використовуються при мембранній обробці, диктує склад кінцевого сухого продукту.

Сухі молочні білкові концентрати зазвичай готують ультрафільтрацією (УФ), діалізацією (ДФ) до приблизно 21% загального білка та менше 0,5% лактози з подальшим необов'язковим випаровуванням ретентату або концентрату знежиреного молока перед розпилювальним сушінням до вологості менш ніж 5%. Молочні білкові концентрати мають відносно більше неденатурованих білків, оскільки ці процеси не передбачають серйозної термічної обробки і регулювання рН. Більш висока стабільність і хороша розчинність є передумовами для багатьох функціональних властивостей сухих високобілкових концентратів [20].

Технологічні фактори, які впливають на якість КМБ: якість сирого молока та робочі параметри при термообробці (пастеризації); ступінь концентрації білка (ультрафільтрація і діалізація для вимивання лактози, що використовується для МРС 65 або більше); робочі параметри при видаленні води (випаровування і розпилювальна сушка); умови зберігання кінцевого продукту ($T_{\max} = 20^{\circ}\text{C}$, герметична упаковка). Завдяки ультрафільтрації рівень білка в КМБ може контролюватися, що дозволяє виробляти широкий спектр білкових концентратів. Загалом, всі ці концентрати містять однакове співвідношення казеїну та сироваткового білка, присутнього в вихідному сирому молоці. Проте сьогодні існує тенденція до отримання КМБ з дещо більшим вмістом казеїну [21-23].

Концентрат молочних білків корисний при вживанні й збиванні. Білки у КМБ діють на межі розділу повітря/вода, утворюючи стабільну плівку бульбашок повітря. Це стабілізує безе, муси, тістечка, морозиво, збиті вершки і суфле. Білки в КМБ діють на межі розділу олія/вода, утворюючи і стабілізуючи жирові емульсії в ковбасах і іншому обробленому м'ясі, молочних напоях, супах, вінегретах, соусах і хлібобулочних виробах. КМБ має важливе значення в багатьох областях застосування, оскільки може збільшити в'язкість харчового продукту завдяки своїй внутрішній структурі білка. Лактоза і білки в КМБ піддаються реакції Майяра, що призводить до привабливого кольору для хлібобулочних виробів, таких як випічка і кекси. Оскільки МРС практично не має смаку, він дозволяє іншим ароматам їжі повністю розвиватися [25].

Ключові процеси, які використовують для виробництва КМБ, тобто УФ, ДФ і сушіння, змінюють сольову рівновагу між колоїдною і розчинною фазами системи стабілізації білка. Будь-яке відхилення може згубно вплинути на молочні білки та на функціональні властивості, такі як розчинність [2,9,21-25].

Одним з надійних і добре досліджених способів зберігання є сушіння.

Сушіння являє собою досить складний технологічний тепломасообмінний процес видалення вологи сировини під впливом тепла, або інших факторів з метою подовження терміну зберігання.

Відомі на сьогодні способи сушіння відрізняються в першу чергу способом підводу тепла до об'єкту сушіння. Застосовують найширше конвективний і кондуктивний (контактний) способи. Рідше, внаслідок дороговизни, використовують підвід тепла термовипромінюванням, наприклад, інфрачервоними променями, і у полі токів високої і надвисокої частоти [26-29].

Для сушіння рідких білкових концентратів можна застосовувати розпилювальні сушарки, сушарки з завислим шаром інертних носіїв і валкові сушарки. Перші два типи відносяться до конвективних апаратів сушіння.

Основним недоліком розпилювальних сушарок є складність конструкції і відносно великі габарити,

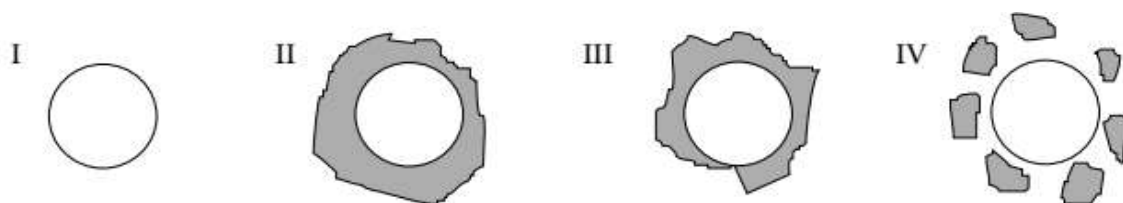
недостатнє використання об'єму сушильної камери, підвищені витрати тепла на випаровування вологи (на 1 кг вологи, що випаровується, до 2,5-4 кг водяної пари як енергоносія) [26].

Інтенсифікація розпилювального сушіння реалізується у сушарках із завислим шаром інертних носіїв.

Принципово процес сушіння полягає в тому, що рідкий продукт пневматичними форсунками розпилюють на шар гранул інертного матеріалу - носія, які знаходяться у стані псевдорідини під дією потоку повітря. Краплі матеріалу осідають на поверхні гранул та швидко висушуються гарячим повітрям. Внаслідок зіткнення і тертя гранул суха речовина відокремлюється, подрібнюється і виноситься повітрям з сушильної камери. У апараті забезпечується висока швидкість процесу сушіння через велику сумарну площу поверхні гранул, на яких осідає продукт, і через безперервний процес оновлення цієї поверхні [26,30].

Найбільш поширені типи сушарок з інертними носіями добре описані в [31,32], сушарка для струменевого шару [33], пневматична сушарка [34], ротаційна сушарка [35], сушарка з вертикальним внутрішнім конвеєрним гвинтом [36] тощо.

Механізм сушіння рідин на інертних носіях наведений на рис. 1.



I – нагрів; II – обвалювання; III – сушіння; IV – відокремлення, подрібнення

Рис. 1 – Механізм сушіння рідин на інертних носіях

Подібні сушарки добре зарекомендували себе при сушінні рідин багатих білком або полісахаридами (пектином, крохмалем).

Для сушіння рідких концентрованих білкових продуктів придатні кондуктивні сушарки вальцевого типу. На таких сушарках можна сушити рідини з високою в'язкістю, навіть пюреподібні за консистенцією. Витрати пари становлять 1,2-1,4 кг на 1 кг вологи, що випаровується. Висушений продукт має якість та розчинність нижчу ніж у розпилювальних сушарках та сушарках завислого шару на інертах [26].

Звісно, що описаними конструкціями сушильних установок не обмежується все різноманіття сушильної техніки вітчизняних і закордонних виробників. Кожен виробник технічно удосконалює базові варіанти, що описані вище, застосовує ноу-хау при інтенсифікації сушіння твердих і рідких об'єктів.

Використання як вихідної сировини маслянки доцільно завдяки її високій харчовій та біологічній цінності. Білки маслянки містять усі білкові фракції: казеїн та сироваткові білки, амінокислотний набір яких включає всі незамінні амінокислоти та білки мембран жирових глобул, які характеризуються високим вмістом сірковмісних амінокислот – метіоніну, цистину і цистеїну, що мають виражені протисклеротичні властивості. Маслянка містить в мембранах жирових глобул фосфоліпіди, що мають високі біологічно-активні властивості, протівірусні і протиракові ефекти. Фосфоліпіди відіграють важливу роль у нормалізації жирового та холестеринового обміну, знижують ризик розвитку серцево-судинних захворювань. Найбільш важливим з фосфоліпідів є фосфатидилхолін (лецитин), який бере участь в утворенні складних біологічних структур ядер клітин. Маслянка містить лецитин у найактивнішій формі – у вигляді білково-лецитинового комплексу, а жир маслянки містить біологічно високоцінні жирні

кислоти, які мають антисклеротичні властивості: лінолеву, ліноленову та арахідонову. Використання маслянки нічим не лімітується. Вона може споживатися практично без обмеження щодня у всіх вікових групах населення [37-38].

Із вищенаведеного витікає, що виробництво сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки, отриманого мембранними методами та висушеного у завислому шарі інертних носіїв є актуальним завданням.

Матеріали і методи досліджень

Маслянка, отримана при виробництві вершкового масла способом періодичного збивання на підприємстві «ГМЗ №1» м. Одеса, була об'єктом ультрафільтраційного концентрування та діалізації з метою отримання безлактозного білково-ліпідного концентрату.

У експериментах застосовували порожнистолоконні ультрафільтраційні (УФ) мембрани ВПУ-15 та нанофільтраційні (НФ) плоскі мембрани ОПМН-П виробництва «Владипор» (Росія). Обидва типи мембран використовувались у складі лабораторних мембранних установок. Для сушіння використовували лабораторну установку завислого шару з інертними носіями. У дослідженні застосовувались стандартні методики визначення складових маслянки, її продуктів УФ, НФ та

отриманого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.

Дана робота є продовженням праць авторів [39,40].

Результати досліджень та їх обговорення

Застосування в лабораторних умовах ультрафільтраційної обробки маслянки з фактором концентрування (ФК) 4 та 5 отримано рідкі концентрати, що містять високі концентрації білків та фосфоліпідів (УФ-ретентат), та УФ-пермеат. Вміст лактози в одержаному УФ ретентаті становить 4,5%. Подальше здійснення діалізації УФ ретентата нанофільтраційним пермеатом, одержаним після нанофільтрації УФ пермеата маслянки, дозволив повністю видалити лактозу та зберегти усі вихідні мінеральні речовини маслянки.

Ультрафільтраційний концентрат маслянки отримували на установці УПЛ-0,6 з пологоволоконним модулем АР-0,2 з мембранами ВПУ-15. Матеріал мембран – поліамід.

Хімічний склад маслянки-сировини та продуктів її ультрафільтрації наведений в табл. 1.

Нанофільтраційний пермеат отримували при нанофільтрації УФ фільтрата маслянки при ФК=5 в плоскорамній мембранній установці, що оснащена мембранами з ефірів целюлози ОПМН-П.

Хімічний склад продуктів нанофільтрації ультрафільтраційного пермеату маслянки наведений в табл. 2.

Таблиця 1 – Хімічний склад вихідної сировини та продуктів ультрафільтрації

Вихідна сировина /продукти ультрафільтрації	Показник			
	Масова частка білків, %	Масова частка лактози, %	Масова частка жиру, %	Масова частка мінеральних солей, %
Ультрафільтрація (ФК = 4)				
Маслянка-сировина	3,20±0,05	4,50 ± 0,06	0,40±0,10	0,70±0,05
Пермеат	0,13±0,05	4,50 ± 0,06	-	0,70±0,05
Ретентат	12,81±0,05	4,53 ± 0,06	1,61±0,10	1,03±0,05
Ультрафільтрація (ФК = 5)				
Маслянка-сировина	3,20±0,05	4,50 ± 0,06	0,40±0,10	0,70±0,05
Пермеат	0,16±0,05	4,47 ± 0,06	-	0,70±0,05
Ретентат	16,06±0,05	4,53 ± 0,06	2,01±0,10	1,11±0,05

Таблиця 2 – Хімічний склад продуктів нанофільтрації ультрафільтраційного пермеату маслянки

Продукти мембранної обробки вторинної молочної сировини	Масова частка білків, %	Масова частка лактози, %	Масова частка мінеральних солей, %
Нанофільтрація (ФК = 5)			
УФ-пермеат маслянки (ФК=4)	0,13±0,05	4,50±0,06	0,70±0,05
НФ-пермеат	–	сліди	0,70±0,05
НФ-ретентат	0,64±0,05	22,3±0,06	0,73±0,05
Нанофільтрація (ФК = 5)			
УФ-пермеат маслянки (ФК=5)	0,16±0,05	4,50±0,06	0,70±0,05
НФ-пермеат	–	сліди	0,70±0,05
НФ-ретентат	0,80±0,05	22,5±0,06	0,73±0,05

Одержання рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки відбувалось наступним чином. Маслянку пастеризували при 85-87 °С протягом 5 хвилин, охолоджували до 45-50 °С і проводили ультрафільтрацію при $P = 0,15$ МПа з фактором концентрування 4 або 5 до заданого вмісту білків і жирів, одержаний після ультрафільтрації пермеат піддавали нанофільтрації при $P = 1,5$ МПа з фактором концентрування 5, одержаний після якої ретентат відділяли, а пермеатом

здійснювали діафільтрацію одержаного після ультрафільтрації ретентату при $P = 0,15$ МПа (при діаб'ємі = 7). Після діафільтрації отримали рідкий безлактозний молочно-білковий концентрат маслянки (ДФ-ретентат), який пастеризували при 80 °С протягом 15-20 с, охолоджували до 2-6 °С, розливали у стерильну тару та зберігали не довше 7 діб.

Хімічний склад рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки наведений в табл. 3.

Таблиця 3 – Хімічний склад рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки, отриманого діафільтрацією УФ ретентату (ФК=4 та 5) НФ пермеатом, що отриманий нанофільтрацією (ФК=5) УФ пермеату маслянки

Показник	Рідкий безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки (ББКМ), одержаний діафільтрацією (DV=7) УФ ретентату маслянки, отриманого ультрафільтрацією при:	
	ФК=4	ФК=5
Масова частка сухих речовин, %, в т.ч.:	15,10±0,01	18,76±0,01
- масова частка лактози, %	0,01±0,01	0,01±0,01
- масова частка білку, %	12,74 ± 0,05	16,01 ± 0,05
- масова частка жиру, %	1,61 ± 0,01	2,03 ± 0,01
- масова частка фосфоліпідів, мг%	428,64±0,03	558,52±0,03
- масова частка золи, %	0,70 ± 0,07	0,70 ± 0,07

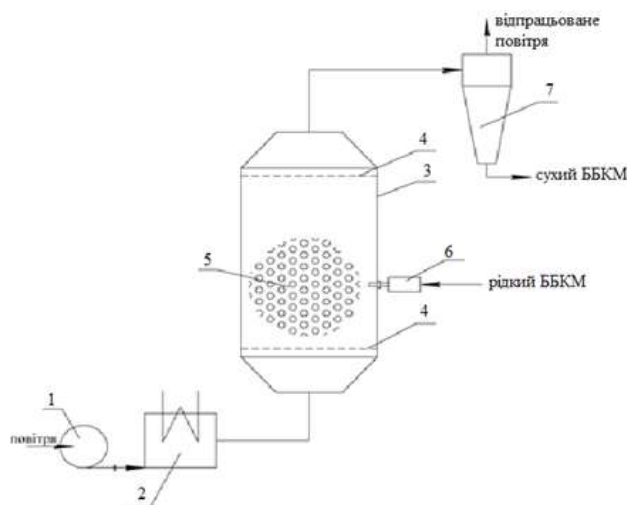
Отже, отриманий рідкий безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки має підвищений вміст сухих речовин (особливо за рахунок білків), мінеральний склад ідентичний нативному складу вихідної сировини, не містить лактозу та моноцукри (глюкозу та галактозу) та має підвищений вміст фосфоліпідів, які покращують показники холестерину в крові, знижують ризик розвитку серцево-судинних захворювань. У маслянці-сировині вміст фосфоліпідів становив $129,89 \pm 0,1$ мг%.

Подібні безлактозні молочно-білкові концентрати у рідкому стані мають обмежений термін зберігання, оскільки являють собою високопоживне середовище для розвитку мікроорганізмів і швидко псуються. Тому, виробництво сухих безлактозних молочно-білкових концентратів має тенденцію до зростання. Подовжений термін зберігання підвищує їх попит на світовому ринку і розширює їх застосування у інших галузях харчової промисловості.

Виробництво сухих молочних продуктів засновано на принципі пригнічення мікробних процесів шляхом видалення максимальної кількості води із молока. При цьому бактеріальна клітина зневоднюється і впадає в стан плазмолізу і через деякий час гине.

У роботі отриманий рідкий ББКМ зневоднювали на сушарці із завислим шаром інертних носіїв.

Принципальна схема сушильної установки з завислим шаром інертних носіїв наведена на рис. 2.



1 - Вентилятор; 2 - Калорифер; 3 - Корпус камери; 4 - Газорозподільна плита; 5 - Інертні носії; 6 - Розпилювальний пристрій; 7 - Циклон

Рис. 2 – Принципальна схема сушильної установки з завислим шаром інертних носіїв

У процесі сушіння у фонтануючому шарі велике значення має правильний вибір інертного носія. З огляду на вимоги, які пред'являють до інертного носія, в якості інертного носія використовували фторопласт-4. Фторопласт-4 – матеріал білого кольору, не змочується водою і не набухає в ній. Фторопласт-4 не розчиняється ні в одному з відомих розчинників, на нього діє тільки

фторований бензин. Він стійкий до всіх кислот і руйнується тільки при дії розплавлених лужних металів і елементарного фтору. Фторопласт-4 може експлуатуватися при температурах від мінус 60 до +230 °С, при нагріванні він не переходить в в'язко-текучий стан.

Дослідження впливу форми і розміру інертного носія на процес сушіння проводили на інертному носії в формі кульок і кубиків.

Як відомо, найкращою формою для створення фонтануючого шару є кубічна. Кубики в процесі сушіння безперервно обертаються навколо своїх осей, завдяки чому відбувається зрив прикордонного шару вологи, що випаровується і процес сушіння протікає більш інтенсивно.

З метою визначення впливу розміру кубиків на процес сушіння, використовували кубики з розміром грані 5 і 10 мм. При застосуванні фторопластових кубиків розміром грані 5 мм відбувається краще перемішування інертного матеріалу, не спостерігається екранування поверхні випаровування кубиків; поверхня випаровування в 2 рази вища, ніж при використанні кубиків з розміром грані 10 мм, підвищується потужність установки.

З огляду на вищесказане всі подальші досліді проводили на фторопластових кубиках з розміром грані 5 мм.

Гідродинаміка фонтануючого шару

Техніка створення фонтануючого шару наступна. При проходженні повітря через шар матеріалу, що знаходиться в камері з постійно розширюючим перетином, гідравлічний опір шару зростає і досягає максимального значення.

У цій точці відбувається втрата стійкості, після досягнення якої починається падіння гідравлічного опору і матеріал з нерухомого стану переходить в стан перемішування частинок. Цьому стану відповідає початок фонтанування. При цьому продовжується зниження гідравлічного опору шару до значень швидкості повітря, відповідної сталого фонтанування. При стійкому фонтануванні відбувається інтенсивний рух і перемішування матеріалу в межах об'єму конічної частини камери. Швидкість, що відповідає сталому фонтануванню, є робочою. Стан стійкого фонтанування залежить як від розміру і форми частинок, так і від розміру робочої камери. Подальше збільшення повітря призводить до підвищення висоти фонтануючого шару до верху циліндричної частини камери і до виносу матеріалу з робочої камери. Таким чином, верхньою межею швидкості повітря служить швидкість, що відповідає швидкості стійкого фонтанування.

Дослідження гідродинаміки фонтануючого шару інертного матеріалу проводили при його завантаженні в сушильну камеру в кількості від 2 до 4 кг.

На рис. 3 та рис. 4 наведені графіки залежності гідравлічного опору від швидкості теплоносія.

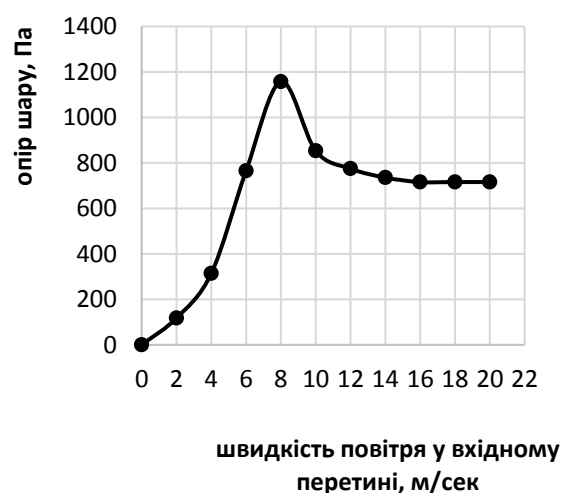


Рис. 3 – Залежність гідравлічного опору від швидкості теплоносія (кількість інертного носія 3 кг)



Рис. 4 – Залежність гідравлічного опору від швидкості теплоносія (кількість інертного носія 2 кг)

Аналізуючи графіки на рис. 3 та рис. 4, встановили, що максимальний гідравлічний опір шару складає 833,56 і 1176,8 Па відповідно для 2 і 3 кг інертного носія. Цим значенням відповідала швидкість 7,0 і 8,0 м/с. Швидкість стійкого фонтанування (або робоча швидкість) – 15 м/с. При цьому опір шару складав 441,3 і 735,5 Па для 2 і 3 кг інертного носія. При 4 кг інертного носія гідравлічний опір підвищувався до 2206,5 Па і напір вентилятора установки не забезпечував режиму стійкого фонтанування. В подальшому всі досліді проводили при робочій швидкості 15 м/с й кількості інертного носія 3 кг.

Вплив температури теплоносія на процес сушіння

Досліді проводили при наступних параметрах: концентрація розчину – 20%; кількість інертного носія – 3 кг; швидкість теплоносія – 15 м/с.

Температуру теплоносія змінювали від 100 до 160 °С з інтервалом 10 °С.

При температурі теплоносія вище 110 °С розчин, потрапляючи на інертний носій, висихав миттєво і вихід сухого порошку спостерігався відразу ж після подачі розчину. Зниження температури нижче 100 °С не дозволяє успішно використовувати фонтануючий шар, тому що при цих температурах тривалість сушіння збільшується і внаслідок нарощування товщини шару підсушеного розчину на поверхні інертного матеріалу зростає опір інертних тіл, що веде до порушення структури фонтануючого шару.

Залежність продуктивності установки і розчинності сухого ББКМ від температури теплоносія показана у табл. 4.

Таблиця 4 – Вплив температури теплоносія на показники якості сухого ББКМ та потужність сушарки

№ дослід у	Температура теплоносія, °С	Вологість, %	Розчинність, %	Потужність за розчином, дм³/год
1	90	6,12	92,0	0,8
2	100	5,46	93,0	0,9
3	110	4,95	95,0	1,0
4	120	4,34	96,0	1,2
5	130	3,89	96,0	1,9
6	140	3,49	92,0	2,0
7	150	3,41	87,0	2,2
8	160	3,40	78,0	2,4

З табл. 4 видно, що підвищення температури теплоносія від 100 до 160 °С збільшує продуктивність установки при незмінних інших параметрах. Із збільшенням температури теплоносія вологість готового продукту знижується. При температурі сушильного агента вище 130 °С різко знижується розчинність продукту. Це пов'язано насамперед із білковою частиною ББКМ. Білок в молочних концентратах є найбільш лабільним компонентом. Саме зміна властивостей білка накладає в першу чергу обмеження на режими теплової обробки молочних концентратів. Білковій молекулі в нативному стані притаманна характерна для неї просторова структура, яку називають конформацією. При певних значеннях температури (вище 50-60 °С), рН, концентрації солей в розчині відбувається перехід компактної глобулярної структури молекули білка в хаотичний клубок, при цьому різко зменшується розчинність білка, змінюється спектр поглинання, в'язкість, стійкість до протеолізу, тобто відбувається денатурація білка. Зниження розчинності білка при денатурації пояснюється тим, що в нативному стані білок найбільш гідратований, при цьому гідрофобні вуглеводневі радикали зосереджені у внутрішній

частині глобули, тоді як на її поверхні переважно розташовуються полярні функціональні групи, що полегшують змочування і розчинення білка. Виходячи з цього, при інших рівних умовах гідратація зневодненого білка в нативному стані супроводжується великим тепловим ефектом в результаті приєднання до молекули більшої кількості молекул води, ніж при гідратації денатурованого білка. Крім того, при сушінні в результаті фізико-хімічних процесів випадає осад фосфат кальцію, виділяється із жирових кульок вільний жир. Ці зміни приводять до часткового зниження розчинності, які залежать від форми, розміру, внутрішньої структури частинок, кількості вільного жиру на їх поверхні, вмісту в порошку повітря тощо. Ці показники визначаються способом сушіння. При температурах сушильного агента 90-100 °С продукт виходить із сушарки із підвищеним вмістом вологи (більше 5%). Підвищена вологість знижує температуру денатурації білків ББКМ, тому розчинність концентратів при температурах сушильного агента 90 та 100 °С нижча, ніж при 110-130 °С. До того ж підвищена волога у продукті при зберіганні може призвести до погіршення їх показників якості.

Таким чином максимальна температура сушильного агента повинна становити 125-130 °С. Кінцева температура продукту – 55-60 °С.

Вплив концентрації розчину рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки на процес сушіння.

Сушили розчин ББКМ з концентрацією від 15 до 30% з інтервалом 5%; швидкість теплоносія - 15 м/с; температура сушильного агента – 130 °С; кількість інертного носія – 3 кг. Температура концентрату перед сушінням – 65-70 °С.

Дані дослідів зведені у табл. 5.

Таблиця 5 – Вплив концентрації розчину ББКМ на потужність сушарки

№ дослід у	Концентрація розчину ББКМ, %	Вологість, %	Потужність за розчином, дм³/год
1	15,0	3,69	1,3
2	20,0	3,89	1,9
3	25,0	5,25	2,2
4	30,0	6,22	2,4

Результати дослідів показують, що зі збільшенням концентрації розчину ББКМ продуктивність установки збільшується. Це пояснюється тим, що з підвищенням концентрації розчину процес сушіння відбувається інтенсивніше за рахунок зниження кількості вологи, що випаровується, розміри сухих частинок зменшуються. При концентрації вище 25% розчин має в'язку консистенцію, що ускладнює розпилення вихідного продукту в сушильній установці (впливає на розмір

краплі при розпилюванні), а отриманий продукт має підвищений вміст води.

Таким чином, в результаті лабораторних досліджень визначений раціональний режим сушіння ББКМ у фонтануючому шарі із інертними носіями: температура повітря на вході 125-130 °С; температура продукту на виході з сушарки – 55-60 °С; швидкість повітря у вхідному перетині – 15-20 м/с; масова частка сухих речовин у вхідному концентраті – не більше 20%; кінцева вологість сухого ББКМ – не більше 5,0%; інертний носій –

фторопласт у формі кубиків з розмірами грані 5 мм (співвідношення інертного носія і висушувачого розчину 1:3); спосіб подачі розчину у сушильну камеру – знизу у фонтануючий шар інертного наповнювача.

Висушений за даних умов ББКМ має високу якість, що підтверджується результатами досліджень, що наведені в табл.7,8.

Технологічна схема отримання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки наведена на рис. 5.

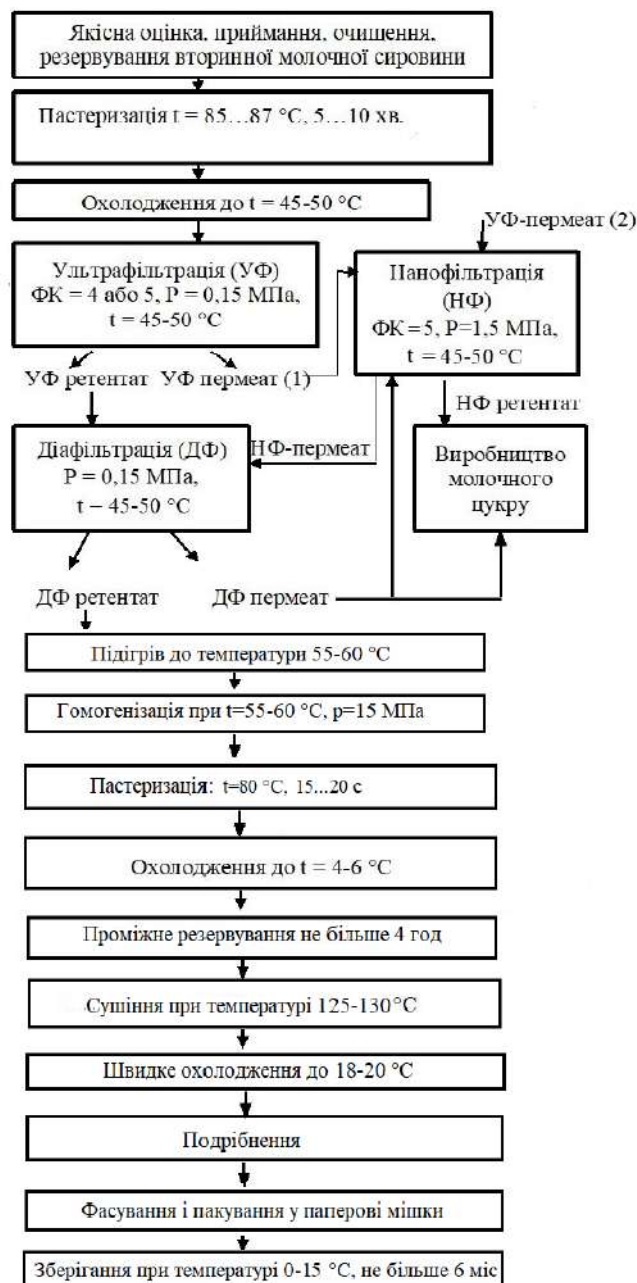


Рис. 5 – Технологічна схема отримання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

Отриманий рідкий концентрат ББКМ за технологією, що наведена вище, після діафільтрації піддається нагріванню до температури 55-60 °С та

гомогенізується при цій температурі та тиску 15 МПа для зменшення кількості вільного жиру. Вільний жир негативно впливає на якість сухого продукту:

погіршується змочування сухого продукту, знижується швидкість його розчинення тощо. Відновлені продукти, що виготовлені з порошку, що мають на поверхні жирові краплі, при зберіганні набувають салистого присмаку і злежуються (утворюються комки).

Після гомогенізації ББКМ пастеризують 15-20 с при 80 °С для знищення патогенної вегетативної мікрофлори та інактивування ферментів, гормонів тощо.

Пастеризований концентрат охолоджують до температури 4-6 °С та направляють у проміжний резервуар для зберігання не більше 4 год. З резервуару розчин концентрату перед сушінням направляють на підігрів до температури 65-70 °С, що зумовлює раціональну в'язкість розчину та призводить до досягнення більшої ефективності та більш легкого розпилення під час процесу сушіння. Нагрівання дозволяє знизити енерговитрати на процес сушіння.

Сушіння здійснюють у сушарці фонтануючого шару інертних носіїв. Сушать концентрат з масовою часткою сухих речовин не більше 20% при температурі сушильного агента 125-130 °С. В процесі сушіння змінюються властивості і структура основних компонентів ББКМ (жиру, білків, солей; лактози в концентраті не більше 0,064%). Наряду із збільшенням жирових кульок в процесі сушіння спостерігається збільшення вільного (дестабілізованого) жиру. Збільшення вмісту вільного жиру також призводить до порушення режимів розпилення концентрату при сушінні (збільшення тиску тощо). При сушінні відбуваються: денатурація сироваткових білків і випадіння фосфату Са. В результаті знижується розчинність сухого ББКМ.

На виході із сушарки сухий продукт має температуру 55-60° С, яка вище точки плавлення молочного жиру. Це може призвести до руйнування оболонкової речовини жирових кульок і витоплювання жиру. У результаті може знижуватись розчинність сухого продукту, він окиснюється та гіркне. Для запобігання цього, сухий ББКМ перед подрібненням та розфасуванням швидко охолоджують до температури 18-20 °С. Охолоджений сухий ББКМ, що має вигляд пластівців розміром 3-4 мм, направляють на подрібнення. Порошок є однією з найбільш зручних форм для транспортування і зберігання ББКМ. Після подрібнення отримують сухий порошок із середнім лінійним розміром частинок 75-80 мкм. Необхідно забезпечити однаковий дисперсний склад частинок, оскільки значні коливання розмірів частинок погіршують розчинність ББКМ: більш дрібні частинки розчиняються швидше та частково осідають на більш великих, у результаті чого проникнення вологи всередину частинок ускладнюється. Відомо, що краще розчинення досягається за розмірів частинок сухого молока 70-100 мкм. Отриманий порошок ББКМ фасують у паперові пакети або

мішки, пакують, маркують та зберігають при температурі 0-15 °С не більше 6 місяців при відносній вологості повітря не більше 65%.

Отриманий за схемою (рис. 5) сухий ББКМ – дрібний порошок, що має білий з легким кремовим відтінком колір, чистий, молочний смак та запах, без сторонніх присмаків і запахів.

Фізико-хімічний склад сухого ББКМ, наведений в табл. 7, мікробіологічний склад – в табл.8.

Таблиця 7 – Фізико-хімічні показники сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

Найменування показника	Значення	
	ФК=4	ФК=5
Масова частка вологи, %	4,71±0,01	4,19±0,01
Масова частка жиру, %	10,24±0,01	10,37±0,01
Масова частка фосфоліпідів, мг%	2315,34±0,03	2424,9±0,03
Масова частка білків, %	80,54±0,05	81,81±0,05
Масова частка золи, %	4,45±0,07	3,58±0,07
Масова частка кальцію, мг%	1413,19±0,1	1221,11±0,1

Сухі безлактозні ББКМ, як свідчать результати аналізу, що наведені в табл. 7, мають високий вміст білків (80,54-81,81%), фосфоліпідів (2315,34-2424,9 мг%), знижений вміст золи (3,58-4,45%) і кальцію (1221,11-1413,19 мг%), та практично не містять лактозу (не більше 0,064%).

Таблиця 8 – Мікробіологічні показники сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки

Назва показника	Значення
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г продукту	1·10 ³
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,1 г	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Сальмонела, в 25 г	Не виявлено

Визначення БГКП у 1,0 см³ зразку сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки свідчить про їх відсутність у дослідженому об'ємі, що доводить правильність всіх режимів основних технологічних процесів. Відсутність БГКП та кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів на рівні 1·10³ КУО в 1 г

продукту відповідає вимогам нормативно-технічної документації.

Перспективи подальших досліджень. Метою подальших досліджень є визначення функціонально-технологічних властивостей та умов відновлення сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.

Висновки

Визначений раціональний режим сушіння рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки у сушарці фонтануючого шару інертних носіїв: температура повітря на вході у сушарку – 125-130 °C; температура продукту на виході – 55-60 °C; швидкість повітря у вхідному перетині – 15-20 м/с; масова частка сухих речовин у вхідному концентраті – не більше 20%; кінцева вологість сухого ББКМ – не більше 5,0%; інертний носій – фторопласт у формі кубиків з розмірами грані 5 мм; спосіб подачі розчину у сушильну камеру – знизу у фонтануючий шар інертних носіїв.

Наведена технологічна схема виробництва сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки.

Визначені органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники отриманого сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки. Сухі безлактозні білково-ліпідні концентрати маслянки з високим вмістом білка (81,03-81,81%) забезпечують поліпшення білкової складової без додавання лактози до харчових продуктів (масова частка лактози не більше 0,064%). З додаванням сухих безлактозних білково-ліпідних концентратів до рецептури додатково вносяться цінні мінерали, такі як кальцій, магній і фосфор, що може зменшити потребу в додаткових джерелах цих мінералів.

Список літератури

1. Дейниченко, Г. В. Использование пахты для получения молочно-белкового концентрата / Г. В. Дейниченко, Т. И. Юдина // *Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. пр.* – Харків: ХДАТОХ, 1999. – С. 23-26.
2. Ganga, S. M. Physico-chemical, functional and rheological properties of milk protein concentrate 60 as affected by disodium phosphate addition, diafiltration and homogenization / S. M. Ganga, K. S. Ashish, R. P. Narender, A. Sumit, B. Sanket, S. Rajan, K. G. Vijay // *J. Food Sci Technol.* – 2017. – 54(6). – P. 1678-1688.
3. Kelly, P. M. Milk protein concentrate. / P. M. Kelly // *Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH. Encyclopedia of Dairy Science, 2nd Edition.* – Amsterdam: Elsevier – 2011. – P. 848-854.
4. Ganga, S. M. Milk protein concentrates: opportunities and challenges / S. M. Ganga, K. S. Ashish, R. P. Narender, A. Sumit // *J. Food Sci. Technol.* – 2017 Sep. – 54(10) – P. 3010-3024.
5. Agarwal, S. Innovative uses of milk protein concentrates in product development / S. Agarwal, R. L. Beausire, S. Patel, H. Patel // *J. Food Sci.* – 2015. – 80(S1). – P. A23-A29. – doi: 10.1111/1750-3841.12807.
6. Patel, H. Milk protein concentrates: Manufacturing and applications / H. Patel, S. Patel Agarwal // *US Dairy Export Council.* – 2014. – P. 3-4.
7. Havea, P. Protein interactions in milk protein concentrate powders / Havea P. // *Int Dairy J.* – 2006. – 16(5). – P. 415-422. – doi: 10.1016/j.idairyj.2005.06.005.
8. Tong, P. S. The future of dairy ingredients: critical considerations that will underpin future success / P. S. Tong, G. W. Smither // *Smithers GW, Augustin MA, editors. Advances in dairy ingredients.* – 1. Hoboken: Wiley. – 2013. – P. 313-317.
9. Sikand, V. Solubility of commercial milk protein concentrates and milk protein isolates / V. Sikand V, P. S. Tong, S. Roy, L. E. R. Saona, B. A. Murray // *J Dairy Sci.* – 2011. – 94. – P. 6194-6202. – doi: 10.3168/jds.2011-4477.
10. Alvarez, V. B. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates / V. B. Alvarez, C. L. Wolters, Y. Vodovotz, T. Ji // *J Dairy Sci.* – 2005. – 88. – P. 862-871. – doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72752-1.
11. Fang, Y. Functionality of milk protein concentrate: effect of spray drying temperature / Y. Fang, S. Rogers, C. Selomulya, X. D. Chen // *Biochem Eng J.* – 2012. – 62. – P. 101-105. – doi: 10.1016/j.bej.2011.05.007.
12. Guiziou, G. G. Concentrated milk and powders / G. G. Guiziou // *Tamime AY, editor. Membrane processing: dairy and beverage applications.* – 1. Hoboken: Wiley. – 2013. – P. 128-140.
13. McCarthy, N. A. Dissolution of milk protein concentrate (MPC) powders by ultrasonication / N. A. McCarthy, P. M. Kelly, P. G. Maher, M. A. Fenelon // *J. Food Eng.* – 2014. – 126. – P. 142-148. – doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.11.002.
14. Yanjun, S. Effect of power ultrasound pre-treatment on the physical and functional properties of reconstituted milk protein concentrate / S. Yanjun, C. Jianhang, Z. Shuwen, L. Hongjuan, L. Jing, L. Lu, H. Uluko, S. Yanling, C. Wenming, G. Wupeng, L. Jiaping // *J. Food Eng.* – 2014. – 124. – P. 11-18. – doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.09.013.
15. Agarwal, S. Innovative uses of milk protein concentrates in product development / S. Agarwal, R. L. Beausire, S. Patel, H. Patel // *J. Food Sci.* – 2015. – 80(S1). – P. A23-A29. – doi: 10.1111/1750-3841.12807.
16. Lagrange, V. Global market for dairy proteins / V. Lagrange, D. Whitsitt, C. Burris // *J. Food Sci.* – 2015. – 80. – P. A16-A22. – doi: 10.1111/1750-3841.12801.
17. Юдина, Т. І. Наукове обґрунтування технологій структурованої кулінарної продукції з використанням концентратів скотин: дис. докт. техн. наук: 05.18.16 / Юдина Тетяна Іллівна. – Київ, 2016. – 406 с.
18. Орлова, Т. А. Использование фракционирования молочного сырья полисахаридами в производстве функциональных продуктов питания / Т. А. Орлова // *Хранение и переработка сельхозсырья.* – 2003. – №8. – С. 96-97.
19. Гніцевич, В. Технологія та біологічна цінність молочно-білкових копреципітатів / В. Гніцевич, Т. Юдіна, Л. Дейниченко // *Товари і ринки.* – 2016. – 2. – С. 148-157.

20. **Mistry, V. V.** Manufacture and application of high milk protein powder / **V. V. Mistry** // *Lait*. – 2002. – 82. – P. 515-522.
21. **Ye, A.** Functional properties of milk protein concentrates: emulsifying properties, adsorption and stability of emulsions / **A. Ye** // *Dairy J.* – 2011. – 21(1). – P. 14-20.
22. **Crowley, S. V.** Influence of protein concentration on the physical characteristics and flow properties of milk protein concentrate powders / **S. V. Crowley, I. Gazi, A. L. Kelly, T. Huppertz, J. A. O'Mahony** // *J. Food Eng.* – 2014. – 135. – P. 31-38. – doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.03.005.
23. **Cao, J.** Short communication: effects of nanofiltration and evaporation on the physicochemical properties of milk protein during processing of milk protein concentrate / **J. Cao, W. Zhang, S. Wu, C. Liu, Y. Li, H. Li, L. Zhang** // *J. Dairy Sci.* – 2012. – 98(1). – P. 100-105.
24. **Sikand, V.** Effect of adding salt during the diafiltration step of milk protein concentrate powder manufacture on mineral and soluble protein composition / **V. Sikand, P. Tong, J. Walker** // *Dairy Sci Technol.* – 2013. – 93(4). – P. 401-413.
25. **Baldwin, A. J.** Insolubility of milk powder products — a mini review / **A. J. Baldwin** // *Dairy Sci. Technol.* – 2010. – 90. – P. 169-179.
26. **Бондар, С. М.** Технології поводження з технологічними відходами харчової промисловості: навчальний посібник / **С. М. Бондар**. – Одеса: Астропринт, 2010. – 120 с.
27. **Будрик, В. Г.** Ресурсосбережение при совершенствовании производства сухих молочных продуктов / **В. Г. Будрик, А. И. Бурькин** // *Переработка молока*. – 2015. – 12. – С. 28-31.
28. **Кузнецов, П. В.** О выборе оборудования для сушки молока и сыворотки / **П. В. Кузнецов, В. Т. Габриелова, П. Мертин** // *Молочная промышленность*. – 2015. – 3. – С. 34-37.
29. **Пахомов, А. Н.** Интенсификация процесса сушки жидкой послесиртовой барды в аппарате с кипящим слоем инертных тел / **А. Н. Пахомов, Н. С. Сорокина, А. В. Баландина** // *Инженерный вестник Дона*, 2014. – 4. – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2014/2727.
30. **Gyenis, J.** Drying of Heat Sensitive Materials of High Moisture Content in Mechanically Spouted Bed of Inert Particles / **J. Gyenis, E. Pallai-Varsányi, J. Tóth** // *Reliable Flow of Particulate Solids - IV. International Symposium*, 2008. – Tromsø, Norvège.
31. **Kudra, T.** Advanced Drying Technologies / **T. Kudra, A. S. Mujumdar**. – New York: by Taylor & Francis Group, LLC, 2009. – 455 p.
32. **Re, H. J.** Drying of Pastelike Materials in Spouted Bed / **H. J. Re, J. T. Freire** // *Proc. of The 6th Intern. Drying Symposium, IDS'88*. – Versailles, France. – 1988. – P.119.
33. **Markowski, A. S.** Drying characteristics in a jet- spouted bed dryer / **A. S. Markowski** // *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. – 1992. – T. 70. – №. 5. – P. 938-944.
34. **Blasco, R.** Pneumatic suspension drying. / **R. Blasco, G. Diaz, A. Reyes** // *Drying'96. C. Proc. 10th International Drying Symposium (IDS'96)* – Krakow. – 1996. – P. 427-434.
35. **Limaverde, J. R.** Pastelike materials drying in rotary dryer with inert bed / **J. R. Limaverde, Jr. Limaverde, J. R. D. Finzer** // *Proc. 12th International Drying Symposium (IDS2000)*. – Noordwijkerhout. – The Netherlands (CD-ROM, P. 341).
36. **Pallai, E.** Spouted bed drying / **E. Pallai, T. Szentmarjay A. S. Mujumdar** // *Handbook of Industrial Drying. A. S. Mujumdar (Ed.). 3rd ed.* – Boca Raton. – 2012. – P. 363-384.
37. **Остроумов, Л. А.** Пахта – продукт высокой технологической ценности / **Л. А. Остроумов, И.А. Мазеева** // *Молочная промышленность*. – 2009. – № 7. – С. 52.
38. **Храмцов, А. Г.** Технология продуктов из вторичного молочного сырья: Учебное пособие / **А. Г. Храмцов, С. В. Василсин, С. А. Рябцева, Т. С. Воротникова**. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 424 с.
39. **Bondar, S.** Дослідження мембранного процесу видалення лактози з концентрату маслянки / **S. Bondar A. Trubnikova, O. Chabanova** // *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. – 2018. – Т. 20. – №. 85. – С. 62-69. – doi: 10.15421/nvlvet8512.
40. **Bondar, S.** Analysis of a new diafiltration method of cleaning buttermilk from lactose with mineral composition preserved / **S. Bondar, O. Chabanova, T. Sharakhmatova, A. Trubnikova** // *Харчова наука та технологія*. – 2018. – Т. 12. – №. 1. – С. 90-98. –doi: 10.15673/fst.v12i1.839.

References (transliterated)

1. **Dejnichenko, G. V., Judina, T. I.** Ispol'zovanie pahty dlja poluchenija molochno-belkovogo koncentrata [Using buttermilk to produce milk protein concentrate]. *Novi tehnologii ta udoskonalennja procesiv harchovih virobniciv: Zb. nauk. Pr [New Technologies and Improvements in Food Processes: Coll. Sciences. works]*. Harkiv, HDATOH, 1999, 23-26.
2. **Ganga, S. M., Ashish, K. S., Narender, R. P., Sumit, A., Sanket, B., Rajan, S., Vijay, K. G.** Physico-chemical, functional and rheological properties of milk protein concentrate 60 as affected by disodium phosphate addition, diafiltration and homogenization. *J. Food Sci. Technol.*, 2017, **54**(6), 1678-1688.
3. **Kelly, P. M.** Milk protein concentrate. In: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH. *Encyclopedia of Dairy Science, 2nd Edition*. Amsterdam: Elsevier; 2011, 848-854.
4. **Ganga, S. M., Ashish, K. S., Narender, R. P., Sumit, A.** Milk protein concentrates: opportunities and challenges. *J. Food Sci. Technol*, 2017, **54**(10), 3010-3024.
5. **Agarwal, S., Beausire, R. L., Patel, S., Patel, H.** Innovative uses of milk protein concentrates in product development. *Journal of food science*, 2015, **80**, A23-A29, doi: 10.1111/1750-3841.12807.
6. **Patel, H., Patel, S., Agarwal, S.** Milk protein concentrates: Manufacturing and applications. *US Dairy Export Council*, 2014, 3-4.
7. **Havea, P.** Protein interactions in milk protein concentrate powders. *International Dairy Journal*, 2006, **16** (5), 415-422, doi: 10.1016/j.idairyj.2005.06.005.
8. **Tong, P. S., Smithers, G. W.** 12 The Future of Dairy Ingredients: Critical Considerations That Will Underpin Future Success. *Advances in Dairy Ingredients*, 2013, 313.
9. **Sikand, V., Tong, P. S., Roy, S., Rodriguez-Saona, L. E., Murray, B. A.** Solubility of commercial milk protein concentrates and milk protein isolates. *Journal of dairy science*, 2011, **94** (12), 6194-6202, doi: 10.3168/jds.2011-4477.
10. **Alvarez, V. B., Wolters, C. L., Vodovotz, Y., Ji, T.** Physical properties of ice cream containing milk protein

- concentrates. *Journal of Dairy Science*, 2005, **88** (3), 862-871, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72752-1.
11. Fang, Y., Rogers, S., Selomulya, C., Chen, X. D. Functionality of milk protein concentrate: Effect of spray drying temperature. *Biochemical Engineering Journal*, 2012, **62**, 101-105, doi: 10.1016/j.bej.2011.05.007.
 12. Guiziou, G. G. Concentrated milk and powders. *Membrane processing: dairy and beverage applications*. 1. Hoboken: Wiley; 2013, 128-140.
 13. McCarthy, N. A., Kelly, P. M., Maher, P. G., Fenelon, M. A. Dissolution of milk protein concentrate (MPC) powders by ultrasonication. *Journal of Food Engineering*, 2014, **126**, 142-148, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.11.002.
 14. Yanjun, S., Jianhang, C., Shuwen, Z., Hongjuan, L., Jing, L., Lu, L., Jiaping, L. Effect of power ultrasound pretreatment on the physical and functional properties of reconstituted milk protein concentrate. *Journal of Food Engineering*, 2014, **124**, 11-18, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.09.013.
 15. Agarwal, S., Beausire, R. L., Patel, S., Patel, H. Innovative uses of milk protein concentrates in product development. *Journal of food science*, 2015, **80**, A23-A29, doi: 10.1111/1750-3841.12807.
 16. Lagrange, V., Whitsett, D., Burris, C. Global market for dairy proteins. *Journal of food science*, 2015, **80**, A16-A22, doi: 10.1111/1750-3841.12801.
 17. Judina, T. I. Naukove obgruntuvannya tehnologij strukturovani kulinarnoi produkcii z vikoristannjam koncentrativ skolotin: [Scientific substantiation of technologies of structured culinary production using concentrates of butterflies]. dis. dokt. tehn. nauk: 05.18.16, Kiiv, 2016, 406.
 18. Orlova, T. A. Ispol'zovanie frakcionirovaniya molochного syr'ja polisaharidami v proizvodstve funktsional'nyh produktov pitaniya [The use of dairy raw material fractionation by polysaccharides in the production of functional foods]. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja [Storage and processing of agricultural raw materials]*, 2003, **8**, 96-97.
 19. Gnecovich, V., Judina, T., Dejnichenko, L. Tehnologija ta biologichna cinnist' molochno-bilkovih koprecipitativ [Technology and biological value of milk-protein copipithets]. *Tovari i rinky [Goods and markets]*, 2016, **2**, 148-157.
 20. Mistry, V. V. Manufacture and application of high milk protein powder. *Lait*, 2002, **82**, 515-522.
 21. Ye, A. Functional properties of milk protein concentrates: emulsifying properties, adsorption and stability of emulsions. *Int Dairy J.*, 2011, **21**(1), 14-20.
 22. Crowley, S. V., Gazi, I., Kelly, A. L., Huppertz, T., O'Mahony, J. A. Influence of protein concentration on the physical characteristics and flow properties of milk protein concentrate powders. *J. Food Eng.*, 2014, **135**, 31-38, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.03.005.
 23. Cao, J., Zhang, W., Wu, S., Liu, C., Li, Y., Li, H., Zhang, L. Short communication: effects of nanofiltration and evaporation on the physiochemical properties of milk protein during processing of milk protein concentrate. *J. Dairy Sci.*, 2011, **98**(1), 100-105.
 24. Sikand, V., Tong, P. S., Walker, J. Effect of adding salt during the diafiltration step of milk protein concentrate powder manufacture on mineral and soluble protein composition. *Dairy Sci Technol.*, 2013, **93**(4), 401-413.
 25. Baldwin, A. J. Insolubility of milk powder products – a mini review. *Dairy Sci. Technol.*, 2010, **90**, 169-179.
 26. Bondar, S. M. Tehnologii povodzhennja z tehnologichnimi vidhodami harchovoi promislivosti: navchal'nij posibnik [Technologies of handling the technological waste of the food industry: a manual], Odesa: Astro-print, 2010, 120.
 27. Budrik, V. G. Resursosberezhenie pri sovershenstvovanii proizvodstva suhih molochnyh produktov [Resource conservation in improving the production of dry dairy products], *Pererabotka moloka [Milk processing]*, 2015, **12**, 28-31.
 28. Kuznecov, P. V. O vybore oborudovanija dlja sushki moloka i syvorotki [About the choice of equipment for drying milk and whey]. *Molochnaja promyshlennost' [Dairy industry]*, 2015, **3**, 34-37.
 29. Pahomov, A. N. Intensifikacija processa sushki zhidkoj poslepirtovoj bardy v apparate s kipjashhim sloem inertnyh tel [Intensification of the drying process of liquid distillery stillage in an apparatus with a fluidized bed of inert bodies], *Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Journal of the Don]*, 2014, **4**, Available at: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2014/2727.
 30. Gyenis, J., Pallai-Varsanyi, E., Tóth, J. Drying of Heat Sensitive Materials of High Moisture Content in Mechanically Spouted Bed of Inert Particles. *Reliable Flow of Particulate Solids - IV. International Symposium*, 2008, Tromso, Norvėgia.
 31. Kudra, T., Mujumdar, A. S. Advanced Drying Technologies. New York: by Taylor & Francis Group, LLC, 2009, 455.
 32. Re, H. J., Freire, J. T. Drying of Pastelike Materials in Spouted Bed. *Proc. of The6th Intern. Drying Symposium, IDS'88*, Versailles, France, 1988, 119.
 33. Markowski, A. S. Drying characteristics in a jet-spouted bed dryer. *Can. J. Chem. Eng.*, 1992, **70**(10), 938-944.
 34. Blasco, R., Diaz, G., Reyes, A. Pneumatic suspension drying. *Drying'96. C. Proc. 10th International Drying Symposium (IDS'96)*. Krakow, 1996, 427-434.
 35. Limaverde, J. R., Limaverde, J. R., Jr., Finzer, J. R. D. Pastelike materials drying in rotary dryer with inert bed. *Proc. 12th International Drying Symposium (IDS2000)*. Noordwijkerhout, The Netherlands (CD-ROM, 341).
 36. Pallai, E., Szentmarjay, T. Mujumdar, A. S. Spouted bed drying. In: Handbook of Industrial Drying. A. S. Mujumdar (Ed.). 3rd ed. Taylor & Francis, Boca Raton, FL, 2007, 363-384.
 37. Ostroumov, L. A., Mazeeva, I. A. Pahta-produkt vysokoj biologicheskoy aktivnosti. [Buttermilk product of high biological activity], *Molochnaja promyshlennost' [Dairy industry]*, 2009, **7**, 52-53.
 38. Hramcov, A. G., Vasilisin, S. V., Rjabceva, S. A., & Vorotnikova, T. S. Tehnologija produktov iz vtorichnogo molochного syr'ja [Technology of products from secondary dairy raw materials], 2009, 424.
 39. Bondar, S., Trubnikova, A., Chabanova, O. Doslidzhennja membrannogo procesu vydalennja laktozy z koncentratu maslyanky. [Research membrane process of removing lactose from concentrate oiler], *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 2018, **20**(85), 62-69, doi:10.15421/nvlvet8512.
 40. Bondar, S., Chabanova, O., Sharakhmatova, T., & Trubnikova, A. Analysis of a new diafiltration method of cleaning buttermilk from lactose with mineral composition preserved, 2018, **12**, 1, 90-98, doi:10.15673/fst.v12i1.839.

Відомості про авторів (About authors)

Трубінікова Анастасія Анатоліївна – аспірант кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики, Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна, ORCID: 0000-0001-6971-136X; e-mail: sc228004@ukr.net.

Anastasia Trubnikova – postgraduate of Department of technology of milk, oil-fat products and cosmetics, Odessa national Academy of food technologies, Odessa, Ukraine, ORCID: 0000-0001-6971-136X; e-mail: sc228004@ukr.net.

Чабанова Оксана Борисівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики, Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна, ORCID: 0000-0002-1455-2987; e-mail: oksana_chabanova17@ukr.net.

Oksana Chabanova – PhD, Associate Professor of Department of technology of milk, oil-fat products and cosmetics, Odessa national Academy of food technologies, Odessa, Ukraine; ORCID: 0000-0002-1455-2987; e-mail: oksana_chabanova17@ukr.net.

Бондар Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна; ORCID: 0000-0002-7908-2074; e-mail: sn_bondar@list.ru.

Sergey Bondar – PhD, Associate Professor of Department of Ecology and Environmental Technologies, Odessa national Academy of food technologies, Kanatnaya, Ukraine; ORCID: 0000-0002-7908-2074; e-mail: sn_bondar@list.ru.

Шарахматова Тетяна Євгенівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики, Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна; ORCID: 0000-0001-6080-6995; e-mail: sharahmatova@ukr.net.

Tetyana Sharakhmatova – PhD, Associate Professor of Department of technology of milk, oil-fat products and cosmetics, Odessa national Academy of food technologies, Odessa, Ukraine; ORCID: 0000-0001-6080-6995; e-mail: sharahmatova@ukr.net.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Трубінікова, А. А. Одержання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату маслянки / **А. А. Трубінікова, О. Б. Чабанова, С. М. Бондар, Т. Є. Шарахматова** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2019. – № 1. – С. 86-99. – doi:10.20998/2413-4295.2019.01.10.

Please cite this article as:

Trubnikova, A., Chabanova, O., Bondar, S., Sharahmatova, T. Preparation of dry lactose protein-lipid concentrate of buttermilk. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2019, 1, 86-99, doi:10.20998/2413-4295.2019.01.10.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Труби́никова, А. А. Получение сухого безлактозного белково-липидного концентрата пахты / **А. А. Труби́никова, О. Б. Чабанова, С. Н. Бондарь, Т. Е. Шарахматова** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2019. – № 1. – С. 86-99. – doi:10.20998/2413-4295.2019.01.10.

АННОТАЦІЯ Комплексна переробка пахты в безлактозні білкові концентрати, призначені для подальшої промислової переробки, в якості білкових обогачувачів або білкової основи в виробництві харчових продуктів, є актуальною. Безлактозний білково-ліпідний концентрат пахты отримували мембранними методами і висушували в розподіленому шарі інертних носіїв. В роботі наведено технологічну схему отримання сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату пахты. Визначено раціональний режим сушки рідкого безлактозного білково-ліпідного концентрату пахты в сушильці фонтаніруючого шару з інертними носіями: температура повітря на вході 125-130 °C; температура продукту на виході з сушильки - 55-60 °C; швидкість повітря в входному перетині - 15-20 м / с; масова частка сухих речовин в вихідному концентраті - не більше 20%; кінцева вологість сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату пахты - не більше 5,0%; інертний носій - фторопласт у формі кубиків з розмірами грані 5 мм; спосіб подачі розчину в сушильну камеру - знизу в фонтаніруючий шар інертного носія. Визначено органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники отриманого сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату пахты. Сухі безлактозні білково-ліпідні концентрати пахты з високим вмістом білка (81,03-81,81%) забезпечують покращення білкової складової без додавання лактози до харчових продуктів (масова частка лактози не більше 0,064%). Загальна кількість фосфоліпідів в отриманому сухому концентраті пахты становить 2687 мг%, що проявляє високі біологічно активні властивості. З додаванням сухих безлактозних білково-ліпідних концентратів до рецептури додатково вводяться цінні мінерали, такі як кальцій, магній і фосфор, що може зменшити потребу в додаткових джерелах цих мінералів. Визначення наявності бактерій групи кишечних паличок в 1,0 см3 зразка сухого безлактозного білково-ліпідного концентрату пахты свідчить про їх відсутність в досліджуваній кількості, що підтверджує правильність всіх режимів основних технологічних процесів. По мікробіологічним показникам отриманий концентрат відповідає вимогам науково-технічної документації.

Ключові слова: безлактозний білково-ліпідний концентрат пахты; сушка; технологія; показники якості

Поступила (received) 15.08.2019